



JFW

Docket No.: 280759US0PCT



COMMISSIONER FOR PATENTS  
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

ATTORNEYS AT LAW

RE: Application Serial No.: 10/558,621

Applicants: Hubert MORICEAU, et al.

Filing Date: November 28, 2005

For: METHOD FOR PRODUCTION OF A VERY THIN LAYER WITH  
THINNING BY MEANS OF INDUCED SELF-SUPPORT

Group Art Unit: 2812

Examiner: ISAAC, S.D.

SIR:

Attached hereto for filing are the following papers:

**Supplemental Response**

**Certified Copy of FR 03 50207 filed June 6, 2008 w/English Translation (Executed)**

Credit card payment is being made online (if electronically filed), or is attached hereto (if paper filed), in the amount of \_\_\_\_\_ to cover any required fees. In the event any variance exists between the amount enclosed and the Patent Office charges for filing the above-noted documents, including any fees required under 37 C.F.R. 1.136 for any necessary Extension of Time to make the filing of the attached documents timely, please charge or credit the difference to our Deposit Account No. 15-0030. Further, if these papers are not considered timely filed, then a petition is hereby made under 37 C.F.R. 1.136 for the necessary extension of time.

Respectfully submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

Norman F. Oblon

  
Daniel J. Pereira, Ph.D.

Registration No. 45,518

Customer Number

**22850**

(703) 413-3000 (phone)  
(703) 413-2220 (fax)  
(OSMMN 02/09)



Docket No.: 280759US0PCT



ATTORNEYS AT LAW

COMMISSIONER FOR PATENTS  
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

RE: Application Serial No.: 10/558,621

Applicants: Hubert MORICEAU, et al.

Filing Date: November 28, 2005

For: METHOD FOR PRODUCTION OF A VERY THIN LAYER WITH  
THINNING BY MEANS OF INDUCED SELF-SUPPORT

Group Art Unit: 2812

Examiner: ISAAC, S.D.

SIR:

Attached hereto for filing are the following papers:

**Supplemental Response**

**Certified Copy of FR 03 50207 filed June 6, 2008**

Credit card payment is being made online (if electronically filed), or is attached hereto (if paper filed), in the amount of \_\_\_\_\_ to cover any required fees. In the event any variance exists between the amount enclosed and the Patent Office charges for filing the above-noted documents, including any fees required under 37 C.F.R. 1.136 for any necessary Extension of Time to make the filing of the attached documents timely, please charge or credit the difference to our Deposit Account No. 15-0030. Further, if these papers are not considered timely filed, then a petition is hereby made under 37 C.F.R. 1.136 for the necessary extension of time.

Respectfully submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

Norman F. Oblon



Daniel J. Pereira, Ph.D.

Registration No. 45,518

Customer Number

22850

(703) 413-3000 (phone)  
(703) 413-2220 (fax)  
(OSMMN 02/09)



DOCKET NO: 280759US0PCT

IN THE UNITED STATES PATENT & TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF :

HUBERT MORICEAU, ET AL. : EXAMINER: ISAAC, S.D.

SERIAL NO: 10/558,621 :

FILED: NOVEMBER 28, 2005 : GROUP ART UNIT: 2812

FOR: METHOD FOR PRODUCTION OF  
A VERY THIN LAYER WITH THINNING  
BY MEANS OF INDUCED SELF-  
SUPPORT

SUPPLEMENTAL RESPONSE

COMMISSIONER FOR PATENTS  
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

Applicants file herewith a certified copy of FR 03 50207 filed June 6, 2003 and a certified English translation of the same.

Respectfully submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

Daniel J. Pereira, Ph.D.  
Attorney of Record  
Registration No. 45,518

A handwritten signature in black ink, appearing to read "D. J. Pereira". Below the signature, there is printed text identifying the signatory.

Customer Number  
**22850**

Tel: (703) 413-3000  
Fax: (703) 413 -2220  
(OSMMN 08/07)



Docket No. 280759US0PCT

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

IN RE APPLICATION OF: Hubert MORICEAU, et al.

GAU: 2812

SERIAL NO: 10/558,621

**EXAMINER:ISSAAC, S.D.**

FILED: November 28, 2005

**FOR: METHOD FOR PRODUCTION OF A VERY THIN LAYER WITH THINNING BY MEANS OF INDUCED SELF-SUPPORT**

## **SUBMISSION NOTICE REGARDING PRIORITY DOCUMENT(S)**

COMMISSIONER FOR PATENTS  
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

Certified copies of the Convention Application(s) corresponding to the above-captioned matter:



Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.  
Norman F. Oblon

Daniel J. Pereira, Ph.D.  
Registration No. 45,518

## Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000  
Fax. (703) 413-2220  
(OSMMN 11/04)



# Brevet d'invention

Certificat d'utilité

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 11 FEV. 2009

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE



## BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITE

26bis, rue de Saint-Pétersbourg  
75800 Paris Cédex 08  
Téléphone: 01 53.04.53.04 Télécopie: 01.42.94.86.54

Code de la propriété intellectuelle-livreVI

### REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

DATE DE REMISE DES PIÈCES: N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL: DÉPARTEMENT DE DÉPÔT: DATE DE DÉPÔT:	Jean LEHU <b>BREVATOMÉ</b> 3, rue du Docteur Lancereaux 75008 PARIS France
Vos références pour ce dossier: B 14268.3 JL DD 2449	

<b>1 NATURE DE LA DEMANDE</b>			
Demande de brevet			
<b>2 TITRE DE L'INVENTION</b>			
PROCEDE D'OBTENTION D'UNE COUCHE TRES MINCE PAR AMINCISSEMENT PAR AUTO-PORTAGE PROVOQUE			
<b>3 DECLARATION DE PRIORITE OU REQUETE DU BENEFICE DE LA DATE DE DEPOT D'UNE DEMANDE ANTERIEURE FRANCAISE</b>			
Pays ou organisation      Date      N°			
<b>4-1 DEMANDEUR</b>			
Nom Rue Code postal et ville Pays Nationalité Forme juridique	COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE 31-33, rue de la Fédération 75752 PARIS 15ème France France Etablissement Public de Caractère Scientifique, technique et Ind		
<b>5A MANDATAIRE</b>			
Nom Prénom Qualité Cabinet ou Société Rue Code postal et ville N° de téléphone N° de télécopie Courrier électronique	LEHU Jean Liste spéciale: 422-5 S/002, Pouvoir général: 7068 <b>BREVATOMÉ</b> 3, rue du Docteur Lancereaux 75008 PARIS 01 53 83 94 00 01 45 63 83 33 brevets.patents@brevalex.com		
<b>6 DOCUMENTS ET FICHIERS JOINTS</b>			
Texte du brevet Dessins Pouvoir général	Fichier électronique textebrevet.pdf dessins.pdf	Pages 18 3	Détails D 14, R 3, AB 1 page 3, figures 13

<b>7 MODE DE PAIEMENT</b>				
Mode de paiement	Prélèvement du compte courant			
Numéro du compte client	024			
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>				
Etablissement immédiat				
<b>9 REDEVANCES JOINTES</b>				
	Devise	Taux	Quantité	Montant à payer
062 Dépôt	EURO	0.00	1.00	0.00
063 Rapport de recherche (R.R.)	EURO	320.00	1.00	320.00
Total à acquitter	EURO			320.00

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.  
 Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

**Signé par**

Signataire: FR, Brevatome, J.Lehu

Emetteur du certificat: DE, D-Trust GmbH, D-Trust for EPO 2.0

**Fonction**

Mandataire agréé (Mandataire 1)



## BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITE

### Réception électronique d'une soumission

Il est certifié par la présente qu'une demande de brevet (ou de certificat d'utilité) a été reçue par le biais du dépôt électronique sécurisé de l'INPI. Après réception, un numéro d'enregistrement et une date de réception ont été attribués automatiquement.

Demande de brevet : X

Demande de CU :

<b>DATE DE RECEPTION</b>	6 juin 2003	<b>Dépôt en ligne:</b> X
<b>TYPE DE DEPOT</b>	INPI (PARIS) - Dépôt électronique	<b>Dépôt sur support CD:</b>
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>	0350207	
<b>ATTRIBUE PAR L'INPI</b>		
<b>Vos références pour ce dossier</b>	B 14268.3 JL DD 2449	

#### DEMANDEUR

Nom ou dénomination sociale	COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
Nombre de demandeur(s)	1
Pays	FR

#### TITRE DE L'INVENTION

PROCEDE D'OBTENTION D'UNE COUCHE TRES MINCE PAR AMINCISSEMENT PAR AUTO-PORTAGE PROVOQUE

#### DOCUMENTS ENVOYES

package-data.xml	Requetefr.PDF	fee-sheet.xml
Design.PDF	ValidLog.PDF	textebrevet.pdf
FR-office-specific-info.xml	application-body.xml	request.xml
dessins.pdf	indication-bio-deposit.xml	

#### EFFECTUE PAR

Effectué par:	J.Lehu
Date et heure de réception électronique:	6 juin 2003 14:22:31
Empreinte officielle du dépôt	E2:55:84:E4:42:A1:E2:F4:E8:11:F8:D7:9E:3F:C9:D3:29:19:D7:B4

/ INPI PARIS, Section Dépôt /

SIEGE SOCIAL  
 INSTITUT 26 bis, rue de Saint Petersbourg  
 NATIONAL DE 75800 PARIS cedex 08  
 LA PROPRIETE Téléphone : 01 53 04 53 04  
 INDUSTRIELLE Télécopie : 01 42 83 59 30

**PROCEDE D'OBTENTION D'UNE COUCHE TRES MINCE PAR  
AMINCISSEMENT PAR AUTO-PORTAGE PROVOQUE**

**DESCRIPTION**

**5 DOMAINE TECHNIQUE**

La présente invention concerne un procédé d'obtention d'une couche mince sur un substrat, permettant notamment l'obtention d'une couche très fine, typiquement inférieure à 0,1 µm.

10 Elle s'applique en particulier à la réalisation d'une structure de type SOI.

**ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE**

Le document FR-A-2 681 472 (correspondant au brevet américain N° 5 374 564) divulgue un procédé d'obtention d'une couche mince de silicium sur un support pour fournir un substrat de type SOI. Le procédé comprend une première étape consistant à planter un substrat de silicium ou substrat initial par des ions, par exemple des ions hydrogène, pour obtenir une zone fragilisée délimitant, par rapport à la face d'implantation du substrat, une couche mince de silicium. Au cours d'une deuxième étape, un raidisseur ou substrat final est fixé sur la face implantée du substrat initial. La troisième étape consiste à réaliser une séparation de la structure empilée obtenue, au niveau de la zone fragilisée. La séparation procure une couche mince de silicium transférée sur un support, le reste du substrat initial étant

réutilisable. Ce procédé est notamment connu sous le nom de Smart Cut®.

Ce procédé permet de réaliser une structure empilée par collage, par exemple par collage moléculaire, supportant une couche mince monocristalline ou polycristalline. Il donne de très bons résultats pour obtenir des transferts de couches minces jusqu'à des épaisseurs aussi fines que 0,1 µm. Cependant, l'obtention de couches minces très fines (typiquement d'épaisseur inférieure à 0,1 µm) peut poser des problèmes dus à l'apparition de défauts, par exemple des cloques, à partir de l'interface de collage.

Une solution pour obtenir des couches minces très fines est d'obtenir d'abord une couche mince plus épaisse puis de retirer le surplus de matériau jusqu'à obtenir l'épaisseur voulue. Cependant, un retrait trop important par les techniques classiques (polissage mécano-chimique ou CMP, traitement thermique, attaque chimique, gravure ionique,...) dégrade l'homogénéité en épaisseur de la couche mince. Cette dégradation est d'autant plus marquée que l'épaisseur à retirer est importante. La qualité, mesurée en termes d'homogénéité en épaisseur de la couche transférée, est donc dégradée par rapport à celle qui peut être obtenue par le procédé Smart Cut®

Un autre problème existe lorsque les matériaux constituant les couches à amincir ont des propriétés qui rendent difficile l'amincissement CMP. C'est le cas par exemple de matériaux trop durs tels que le saphir, le SiC, le diamant. C'est aussi le cas

de structures où le collage utilisé pour l'empilement ne permet pas d'utiliser de telles techniques. Par exemple, lorsque l'énergie de collage est trop faible, le CMP ou des gravures chimiques humides ne sont pas 5 utilisables.

La voie de l'exfoliation pure, générée par exemple par implantation et par traitement thermique à haute température et sans raidisseur (approche que l'on retrouve dans le brevet américain N° 6 103 599) risque 10 de laisser une rugosité trop forte pour être récupérable par CMP, recuit hydrogène ou tout autre traitement de surface connu. Ainsi, le phénomène de cloques éclatées (exfoliation) peut laisser en surface des morphologies très difficiles à enlever. On peut 15 assimiler ces cloques éclatées à des successions de marches à des fréquences faibles (largeurs typiques de l'ordre de dizaines de  $\mu\text{m}$ ).

#### **EXPOSÉ DE L'INVENTION**

20 Pour remédier à ce problème, il est proposé un procédé dans lequel on transfère, sur le support désiré, une couche relativement épaisse de matériau à transférer, puis on l'amincit par implantation et fracture assistée par la présence d'une couche supplémentaire fixée sur cette couche épaisse. On obtient ainsi une couche très mince de bonne qualité 25 sur ledit support.

L'invention a donc pour objet un procédé d'obtention d'une couche mince en un premier matériau 30 sur un substrat en un deuxième matériau dit substrat final, comprenant les étapes suivantes :

- fixation d'une couche épaisse de premier matériau sur le substrat final selon une interface,
  - implantation d'espèces gazeuses dans la couche épaisse de premier matériau pour créer une zone fragilisée délimitant, entre l'interface et la zone fragilisée, ladite couche mince,
  - dépôt sur la couche épaisse de premier matériau d'une couche d'un troisième matériau dite couche d'auto-portage,
- 10 - fracture au sein de la structure constituée par le substrat final, la couche épaisse de premier matériau et la couche de troisième matériau, au niveau de la zone fragilisée pour fournir le substrat supportant ladite couche mince.
- 15 On obtient ainsi une couche très mince par rapport aux ordres de grandeur des couches transférées classiquement par le procédé Smart Cut® et ce sans problème de bulles au niveau de l'interface et avec une bonne homogénéité d'épaisseur.
- 20 L'implantation d'espèces gazeuses dans la couche épaisse de premier matériau peut être réalisé par une ou plusieurs implantations d'espèces gazeuses, identiques ou différentes, choisies parmi des espèces telles que, par exemple, l'hydrogène ou l'hélium.
- 25 La couche épaisse de premier matériau peut être composée d'un ou de plusieurs matériaux. Elle peut être une couche délimitée dans un substrat initial au cours d'une étape d'implantation d'espèces gazeuses permettant de créer une zone fragilisée dans le substrat initial, une étape de fracture entre la couche épaisse du premier matériau et le reste du substrat

initial étant effectuée après l'étape de fixation de la couche épaisse de premier matériau sur le substrat final.

L'implantation d'espèces gazeuses dans le substrat initial peut être une implantation d'ions hydrogène.

Selon un premier mode de réalisation, l'étape d'implantation d'espèces gazeuses dans la couche épaisse de premier matériau est effectuée après la fracture entre la couche épaisse de premier matériau et le reste du substrat initial.

Selon un deuxième mode de réalisation, l'étape d'implantation d'espèces gazeuses dans la couche épaisse de premier matériau est effectuée avant l'étape de fixation de la couche épaisse de premier matériau sur le substrat final. D'une façon générale, les implantations sont réalisées de telle sorte que la première fracture (dans le substrat initial) ne gêne pas la deuxième fracture (au sein de la couche épaisse). Par exemple, si les étapes de fracture sont réalisées par traitement thermique, les étapes d'implantation d'espèces gazeuses sont effectuées dans des conditions telles que la fracture entre la couche épaisse de premier matériau et le reste du substrat initial est obtenue à une température inférieure à la température de fracture de ladite structure.

Avantageusement, la fixation de la couche d'auto-portage sur la couche épaisse de premier matériau est réalisée par un dépôt dudit troisième matériau sur la couche épaisse de premier matériau.

La fixation de la couche épaisse de premier matériau sur le substrat final peut être obtenue par un collage par adhésion moléculaire.

#### **BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS**

5 L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages et particularités apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, donnée à titre d'exemple non limitatif, accompagnée des dessins annexés parmi lesquels :

10 - les figures 1A à 1F sont des vues en coupe transversale illustrant un premier mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention,

15 - les figures 2A à 2F sont des vues en coupe transversale illustrant un deuxième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention,

- la figure 3 est un diagramme explicatif.

#### **EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS**

Les figures 1A à 1F illustrent un premier mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention pour l'obtention d'une couche mince de silicium sur un support. Bien entendu, la technique décrite peut être appliquée à d'autres matériaux que le silicium comme par exemple le SiC, le germanium, les matériaux III-V et IV-IV, les nitrures (comme GaN), ou encore d'autres matériaux cristallins, ces matériaux étant pris seuls ou en combinaison.

La figure 1A montre un substrat initial en silicium 10, comportant en surface une couche d'oxyde 19 d'environ 0,05 µm typiquement, dont l'une des faces

principales, la face oxydée 11, est soumise à un bombardement ionique uniforme afin de créer une zone fragilisée 12 à une distance déterminée de la face 11. L'implantation est réalisée au moyen d'ions hydrogène accélérés avec une énergie élevée (par exemple 210 keV) afin de créer la zone fragilisée 12 assez profondément par rapport à la face bombardée 11. On délimite ainsi, entre la face 11 et la zone fragilisée 12, une couche 13 d'épaisseur voisine de 1,9 µm, le reste du substrat initial portant la référence 14. La couche 13 peut être appelée couche épaisse. La dose d'ions implantés est choisie conformément au procédé Smart Cut® pour obtenir par la suite une fracture, au niveau de la zone fragilisée, par exemple par un traitement thermique. Le traitement thermique peut être assisté ou remplacé par un traitement mécanique. Par simplification, on parlera par la suite globalement d'un traitement thermique.

La figure 1B montre la fixation de la face 11 du substrat initial 10 sur une face 21 du substrat final 20. La fixation est par exemple obtenue par collage par adhésion moléculaire.

La structure obtenue est alors soumise à un traitement thermique à une température d'environ 480°C. Ce traitement thermique provoque une fracture de la structure au niveau de la zone fragilisée. Après enlèvement du reste 14 du substrat initial on obtient la structure empilée montrée à la figure 1C et comprenant le substrat final 20 auquel adhère la couche épaisse 13 de 1,9 µm d'épaisseur. La couche épaisse 13 présente une face libre 15.

La structure peut en outre être soumise à un traitement thermique pour renforcer son interface de collage. Par exemple, un tel traitement sera effectué à environ 1100 °C pendant environ 2 heures.

5 La face 15 peut être soumise à un traitement de surface (par CMP, recuit hydrogène,...) afin de supprimer la rugosité qu'elle pourrait présenter. Par exemple, une réduction d'épaisseur par CMP de l'ordre de 50 nm permet de conserver une bonne  
10 homogénéité d'épaisseur de la couche épaisse.

Une variante peut consister à déposer ou générer thermiquement une fine couche d'oxyde, par exemple de l'ordre de 0,2 µm.

Une seconde implantation ionique est alors  
15 effectuée, par exemple par des ions hydrogène. C'est ce que montre la figure 1D. L'énergie d'implantation mise en œuvre est par exemple de 185 keV et la dose d'ions est choisie pour obtenir par la suite une fracture, au niveau de la zone fragilisée 16 ainsi obtenue, par  
20 exemple par un traitement thermique. La zone fragilisée 16 est située à une profondeur d'environ 1,5 µm par rapport à la face 15. Elle sépare la couche épaisse 13 en deux sous-couches 17 et 18, la sous-couche 17 constituant la couche mince désirée.

25 On réalise ensuite sur la face 15 un dépôt d'une couche 1 dite couche d'auto-portage, comme le montre la figure 1E. Il peut s'agir d'une couche d'oxyde de silicium, d'une épaisseur de 4µm, déposée par PECVD.

Dans le cas où l'on a déposé ou générée, avant la seconde implantation, une fine couche d'oxyde, on vient ici compléter cette couche.

Un traitement thermique peut alors être effectué pour obtenir la fracture, par exemple un recuit isotherme à 600°C. C'est ce que montre la figure 1F. La structure est séparée en une première partie constituée d'un bicouche auto-porté, comprenant la couche d'auto-portage 1 et la sous-couche 18, et une deuxième partie comprenant le substrat final 20 auquel adhère la couche mince 17 par l'intermédiaire de la couche d'oxyde 19. Le bicouche est éventuellement réutilisable.

Le substrat final 20 et la couche mince 17 peuvent alors subir une étape de nettoyage, des étapes d'amincissement de la couche mince et de stabilisation classiques illustrées par exemple dans le document FR-A-2 777 115, dans l'ordre et la combinaison optimale actuelle. La couche mince de silicium peut alors avoir une épaisseur voisine de 100 nm.

Le substrat final utilisé peut être de nature variée. Il peut être en matériau semiconducteur, en matériau isolant ou constitué d'un empilement (par exemple un substrat de silicium recouvert d'une couche d'oxyde de silicium).

Les figures 2A à 2F illustrent un deuxième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention pour l'obtention d'une couche mince de silicium sur un support.

La figure 2A montre un substrat initial 30 en silicium dont l'une des faces principales, la face

31, est soumise à un bombardement ionique uniforme afin de créer une zone fragilisée 32 à une distance déterminée de la face 31. Cette face pourrait être pourvue également d'une couche d'oxyde, par exemple de 5 quelques nanomètres d'épaisseur. Comme pour le premier mode de mise en œuvre de l'invention, l'implantation peut être réalisée par des ions hydrogène d'une énergie de 210 keV. L'implantation délimite entre la face 31 et la zone fragilisée 32, une couche épaisse 33 10 d'épaisseur voisine de 1,9 µm. Le reste du substrat initial porte la référence 34.

L'étape suivante, représentée à la figure 2B, consiste à réaliser une deuxième implantation ionique au travers de la face 31. Cette deuxième implantation est moins profonde que la première et moins dosée. L'énergie d'implantation peut être de 15 l'ordre de 50 keV. Elle permet de créer une zone fragilisée 36 à l'intérieur de la couche épaisse 33. La zone fragilisée 36 délimite, par rapport à la face 31, 20 une couche mince 37. Le reste de la couche épaisse 33, ou sous-couche, porte la référence 38.

La figure 2C montre la fixation de la face 31 du substrat initial 30 sur une face 41 du substrat final 40 comportant en surface une couche d'oxyde 42 de 25 0,05 µm d'épaisseur typiquement. La fixation peut être obtenue par adhésion moléculaire.

La structure obtenue est alors soumise par 30 exemple à un traitement thermique à une température relativement basse, par exemple 430°C, pour obtenir une fracture au niveau de la première zone fragilisée, c'est-à-dire la zone 32. Les conditions d'implantation

des deux zones fragilisées ont été prévues pour ne pas générer de fracture, voire d'exfoliation, dans la deuxième zone fragilisée. L'avantage d'avoir réalisé la deuxième implantation avant le transfert de la couche 5 épaisse est que, de ce fait, cette deuxième implantation est moins profonde et réalisée à travers une surface normalement de bonne qualité (meilleure que celle d'une face obtenue par fracture). Ceci permet donc d'obtenir une zone fragilisée plus faible et donc 10 une rugosité après fracture finale également plus faible. La structure obtenue est représentée à la figure 2D.

A ce stade du procédé, l'étape de traitement de surface peut être supprimée dans la 15 mesure où on peut faire le dépôt de la couche d'auto-portage directement. Toutefois, un traitement de surface minimum peut être effectué pour supprimer tout ou partie de la rugosité. Il peut s'agir d'un CMP, d'un recuit par exemple sous hydrogène ou tout autre 20 atmosphère compatible connue de l'homme du métier, d'une attaque chimique humide ou d'une gravure ionique. Le traitement de surface permet un retrait de quelques nm à quelques dizaines de nm, conservant ainsi une bonne homogénéité en épaisseur. Ce traitement de 25 surface minimum permet, dans le cas d'une couche d'auto-portage en  $\text{SiO}_2$ , d'avoir une interface Si-  $\text{SiO}_2$  enterrée peu rugueuse.

On réalise ensuite sur la couche épaisse 33 un dépôt d'une couche 2 dite couche d'auto-portage 30 comme le montre la figure 2E. Comme précédemment, il

peut s'agir d'une couche d'oxyde de silicium, d'une épaisseur de 4 µm, déposée par PECVD.

Un traitement thermique peut alors être effectué pour obtenir la fracture, par exemple un  
5 recuit isotherme à 600°C. C'est ce que montre la figure 2F. La structure est séparée en une première partie constituée d'un bicouche auto-porté, comprenant la couche d'auto-portage 2 et la sous-couche 38, et une deuxième partie comprenant le substrat final 40 auquel  
10 adhère la couche mince 37 par l'intermédiaire de la couche d'oxyde 42. Le bicouche est éventuellement réutilisable.

Comme précédemment des étapes de nettoyage et de finition peuvent être effectuées sur la structure  
15 empilée obtenue.

Ces deux modes de réalisation laissent suggérer que certaines étapes peuvent être combinées et/ou interverties. Par exemple, on peut déposer tout ou partie de la couche d'auto-portage et effectuer la  
20 deuxième implantation après ce dépôt. Dans ce cas, l'énergie d'implantation est corrigée pour en tenir compte.

La couche auto-portée peut être en oxyde de silicium ou en d'autres matériaux, comme par exemple  
25 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, SiO<sub>x</sub>, Si<sub>x</sub>N<sub>y</sub>, Si<sub>x</sub>N<sub>y</sub>O<sub>z</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiC, le saphir, le diamant, etc....

L'épaisseur de la couche auto-portée peut être prévue à partir d'expérimentations. Dans le cas d'une couche auto-portée en SiO<sub>2</sub> déposée sur une couche épaisse en silicium, l'expérimentation suivante a été réalisée pour évaluer l'effet de l'épaisseur d'oxyde

déposé sur la température de recuit, épaisseur nécessaire pour obtenir la fracture de la couche de silicium auto-portée. Les conditions d'implantation étaient les suivantes : énergie d'implantation 76 keV, 5 dose d'implantation  $6 \cdot 10^{16}$  ions  $H^+/\text{cm}^2$  au travers d'un film de protection en  $\text{SiO}_2$  de 400 nm d'épaisseur.

La figure 3 est un diagramme dont l'axe des ordonnées représente l'épaisseur  $e$  du dépôt de  $\text{SiO}_2$  et l'axe des abscisses la température  $T$  de recuit. La 10 courbe représentée sur ce diagramme délimite la zone où on obtient un transfert de la couche de silicium auto-portée (la zone située au-dessus de la courbe) de la zone où il se produit un « cloquage » de la couche de silicium (la zone située en-dessous de la courbe).

15 De ce diagramme, on peut conclure que la température de séparation (ou de fracture) avec transfert d'un bicouche auto-porté dépend effectivement de l'épaisseur d'oxyde déposé. La température est d'autant plus élevée que l'épaisseur d'oxyde est fine. 20 En fait, il faut ajouter à cette épaisseur d'oxyde, l'épaisseur de la couche de silicium fracturée. On peut donc en particulier en déduire l'épaisseur minimum de couche d'oxyde nécessaire pour que la fracture soit induite à une certaine température. Il apparaît donc 25 que pour 4  $\mu\text{m}$  d'oxyde déposé, l'épaisseur « seuil » de fracture à  $600^\circ\text{C}$  est dépassée.

Il est donc possible de contrôler la procédure d'amincissement par le contrôle de l'épaisseur de la couche d'auto-portage déposée, 30 évitant ainsi les phénomènes de « cloquage » et

1er dépôt

14

d'exfoliation induits pour une épaisseur de couche déposée inférieure à l'épaisseur « seuil ».

**REVENDICATIONS**

1. Procédé d'obtention d'une couche mince en un premier matériau (17, 37) sur un substrat en un 5 deuxième matériau dit substrat final (20, 40), comprenant les étapes suivantes :

- fixation d'une couche épaisse de premier matériau (13, 33) sur le substrat final (20, 40) selon une interface,

10 - implantation d'espèces gazeuses dans la couche épaisse de premier matériau (13, 33) pour créer une zone fragilisée (16, 36) délimitant, entre l'interface et la zone fragilisée, ladite couche mince (17, 37),

15 - dépôt sur la couche épaisse de premier matériau (13, 33) d'une couche d'un troisième matériau dite couche d'auto-portage (1, 2),

20 - fracture au sein de la structure constituée par le substrat final (20, 40), la couche épaisse de premier matériau (13, 33) et la couche de troisième matériau (1, 2), au niveau de la zone fragilisée (16, 36) pour fournir le substrat supportant ladite couche mince.

25 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'implantation d'espèces gazeuses dans la couche épaisse de premier matériau (13, 33) est réalisée par une ou plusieurs implantations d'espèces gazeuses identiques ou différentes.

**REVENDICATIONS**

1. Procédé d'obtention d'une couche mince en un premier matériau (17, 37) sur un substrat en un deuxième matériau dit substrat final (20, 40), comprenant les étapes suivantes :

- fixation d'une couche épaisse de premier matériau (13, 33) par l'une de ses faces principales sur le substrat final (20, 40) selon une interface,

- implantation d'espèces gazeuses dans la couche épaisse de premier matériau (13, 33) pour créer une zone fragilisée (16, 36) délimitant, entre l'interface et la zone fragilisée, ladite couche mince (17, 37),

- dépôt sur la face libre (15) de la couche épaisse de premier matériau (13, 33) d'une couche d'un troisième matériau dite couche d'auto-portage (1, 2),

- fracture au sein de la structure constituée par le substrat final (20, 40), la couche épaisse de premier matériau (13, 33) et la couche de troisième matériau (1, 2), au niveau de la zone fragilisée (16, 36) pour fournir le substrat supportant ladite couche mince.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'implantation d'espèces gazeuses dans la couche épaisse de premier matériau (13, 33) est réalisée par une ou plusieurs implantations d'espèces gazeuses identiques ou différentes.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que lesdites espèces gazeuses sont choisies parmi l'hydrogène et l'hélium.

5                  4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la couche épaisse de premier matériau (13, 33) est une couche délimitée dans un substrat initial (10, 30) au cours d'une étape d'implantation d'espèces gazeuses permettant de créer  
10        une zone fragilisée (12, 32) dans le substrat initial, une étape de fracture entre la couche épaisse de premier matériau (13, 33) et le reste (14, 34) du substrat initial étant effectuée après l'étape de fixation de la couche épaisse de premier matériau (13, 33) sur le substrat final (20, 40).

20                  5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'implantation d'espèces gazeuses dans le substrat initial est une implantation d'ions hydrogène.

25                  6. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'étape d'implantation d'espèces gazeuses dans la couche épaisse de premier matériau (13) est effectuée après la fracture entre la couche épaisse de premier matériau et le reste (14) du substrat initial.

30                  7. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'étape d'implantation d'espèces gazeuses dans la couche épaisse de premier matériau

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que lesdites espèces gazeuses sont choisies parmi l'hydrogène et l'hélium.

5           4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la couche épaisse de premier matériau (13, 33) est une couche délimitée dans un substrat initial (10, 30) au cours d'une étape d'implantation d'espèces gazeuses permettant de créer  
10 une zone fragilisée (12, 32) dans le substrat initial, une étape de fracture entre la couche épaisse de premier matériau (13, 33) et le reste (14, 34) du substrat initial étant effectuée après l'étape de fixation de la couche épaisse de premier matériau (13, 33) sur le  
15 substrat final (20, 40).

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'implantation d'espèces gazeuses dans le substrat initial est une implantation d'ions hydrogène.  
20

6. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'étape d'implantation d'espèces gazeuses dans la couche épaisse de premier matériau (13) est effectuée après la fracture entre la couche épaisse de premier matériau et le reste (14) du substrat initial.  
25

7. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'étape d'implantation d'espèces gazeuses dans la couche épaisse de premier matériau (33)  
30

(33) est effectuée avant l'étape de fixation de la couche épaisse de premier matériau sur le substrat final (40).

5               8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que les étapes de fracture étant réalisées par un traitement thermique, les étapes d'implantation d'espèces gazeuses sont effectuées dans des conditions telles que la fracture entre la couche 10 épaisse de premier matériau (33) et le reste (34) du substrat initial (30) est obtenue à une température inférieure à la température de fracture de ladite structure.

15              9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la fixation de la couche épaisse de premier matériau (13, 33) sur le substrat final (20, 40) est obtenue par un collage par adhésion moléculaire.

est effectuée avant l'étape de fixation de la couche épaisse de premier matériau sur le substrat final (40).

8. Procédé selon la revendication 7,  
5 caractérisé en ce que les étapes de fracture étant réalisées par un traitement thermique, les étapes d'implantation d'espèces gazeuses sont effectuées dans des conditions telles que la fracture entre la couche épaisse de premier matériau (33) et le reste (34) du  
10 substrat initial (30) est obtenue à une température inférieure à la température de fracture de ladite structure.

9. Procédé selon l'une quelconque des  
15 revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la fixation de la couche épaisse de premier matériau (13, 33) sur le substrat final (20, 40) est obtenue par un collage par adhésion moléculaire.

20 10. Procédé selon la revendication 1,  
caractérisé en ce que, une partie de la couche d'auto-portage (1) étant déposée, l'implantation d'espèces gazeuses dans la couche épaisse de premier matériau (13) est réalisée après ce dépôt effectué en partie.  
25

1 / 3

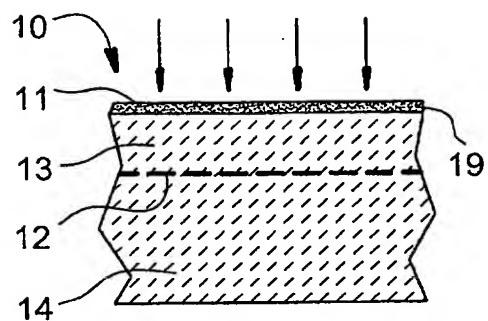


FIG. 1A

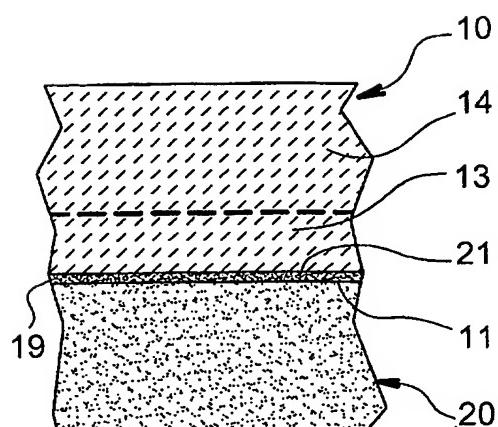


FIG. 1B

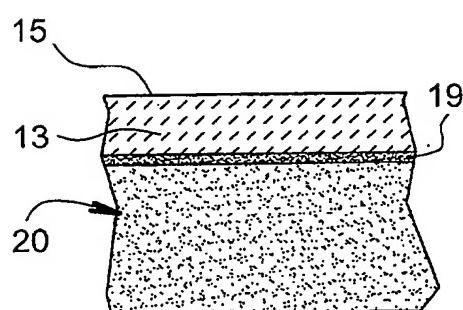


FIG. 1C

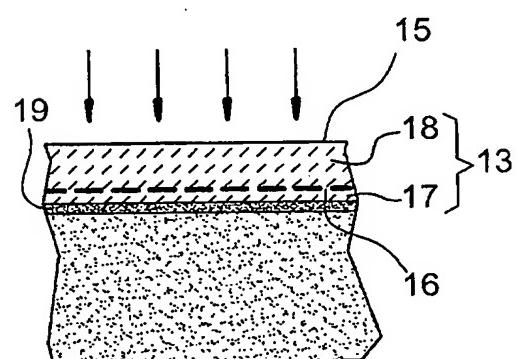


FIG. 1D

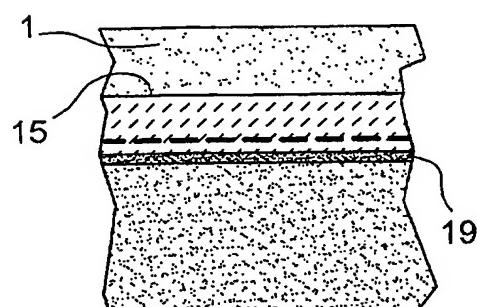


FIG. 1E

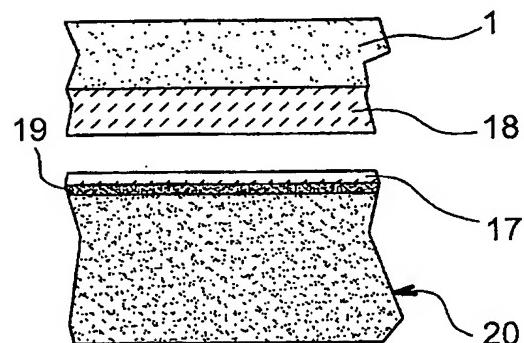


FIG. 1F

2 / 3

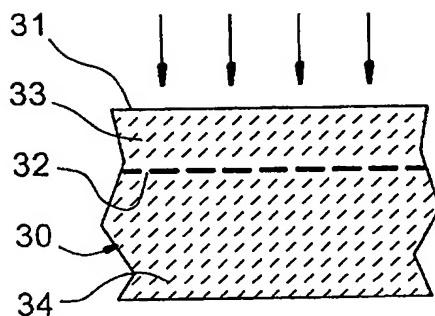


FIG. 2A

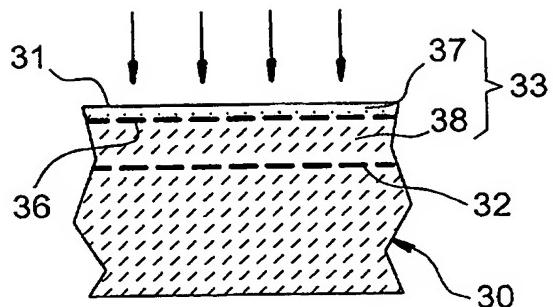


FIG. 2B

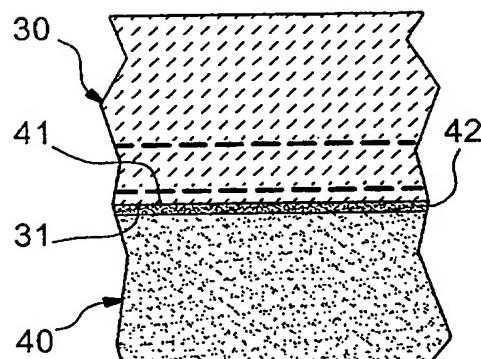


FIG. 2C

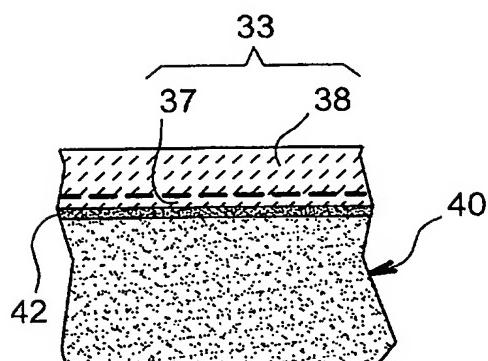


FIG. 2D

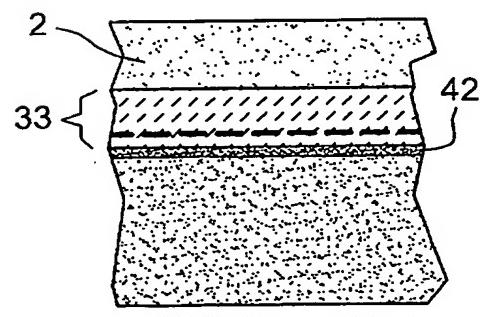


FIG. 2E

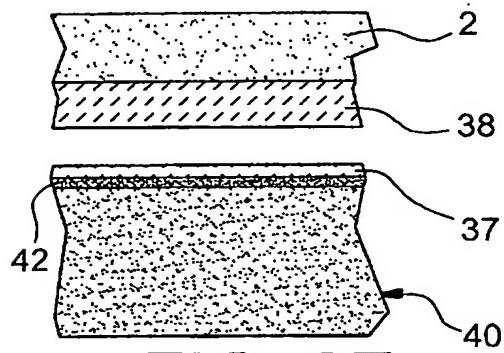


FIG. 2F

3 / 3

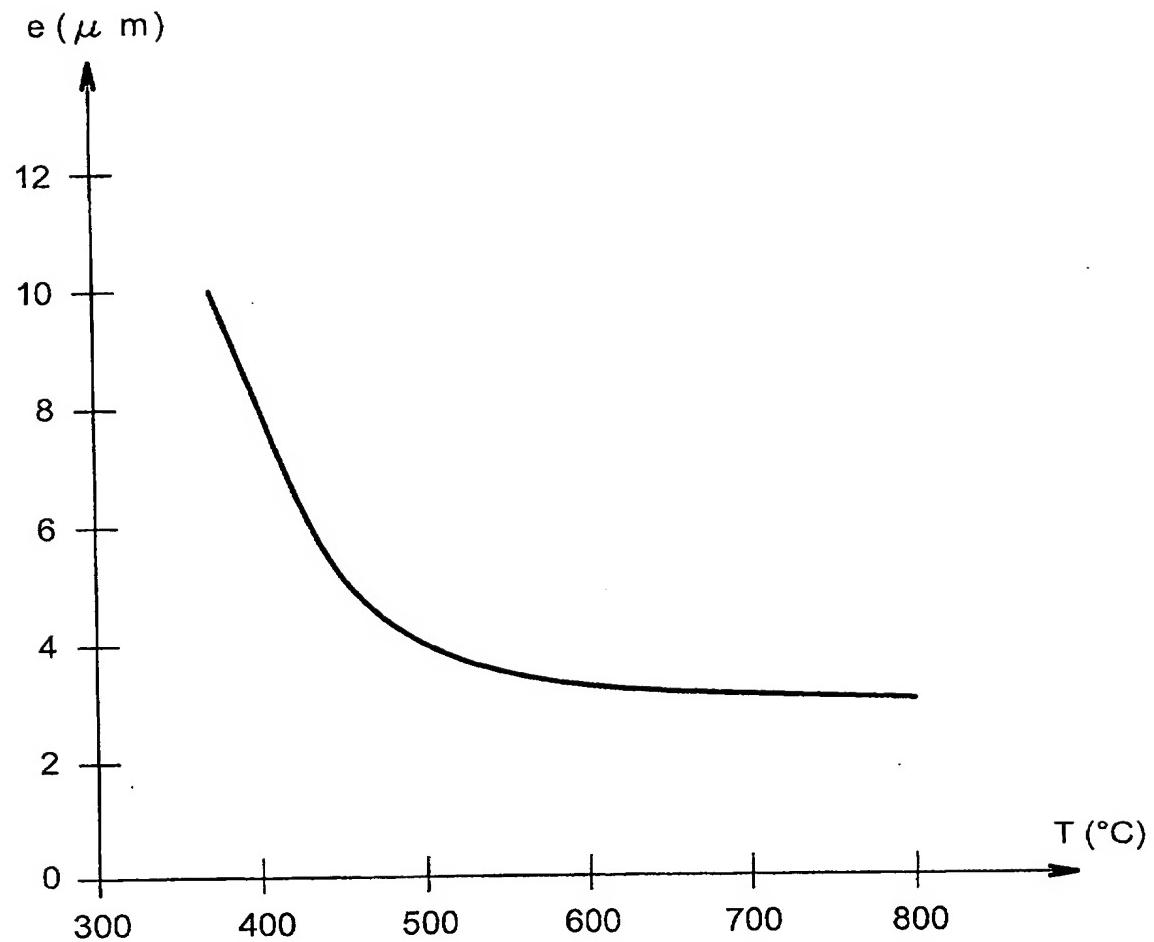


FIG. 3



## DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

## BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

**cerfa**  
N° 11235\*03

## DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1.../1...

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

**INV**  
11235

DB 113 @ W / 270601

Vos références pour ce dossier (facultatif)	b14268.3:il
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL	03.50207 du 06.06.2003 depot electronique
<b>TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum)	
PROCEDE D'OBTENTION D'UNE COUCHE TRES MINCE PAR AMINCISSEMENT PAR AUTO-PORTAGE PROVOQUE.	
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b>	
COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE 31-33 rue de la Fédération 75752 PARIS 15 ème.	
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b>	
<b>1</b> Nom MORICEAU Prénoms Hubert Adresse Rue 26, rue du Fournet Code postal et ville [3_8_1_2_0] SAINT EGREVE Société d'appartenance (facultatif)	
<b>2</b> Nom LAGAHE Prénoms Chrystelle Adresse Rue Route de la Cascade Code postal et ville [3_8_1_3_4] SAINT JOSEPH DE RIVIERE Société d'appartenance (facultatif)	
<b>3</b> Nom BATAILLOU Prénoms Benoit Adresse Rue 12 rue des Bains Code postal et ville [3_8_0_0_0] GRENOBLE Société d'appartenance (facultatif)	
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.	
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b> <b>DU (DES) DEMANDEUR(S)</b> <b>OU DU MANDATAIRE</b> <b>(Nom et qualité du signataire)</b>	
PARIS LE 11 JUIN 2003 J. LEHU	

OBLON, SPIVAK, MCCLELLAND, MAIER & NEUSTADT, P.C.  
ATTORNEYS AT LAW  
1940 DUKE STREET  
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22314 U.S.A.  
(703) 413-3000

SN: 101558,621      filed      11/28/05

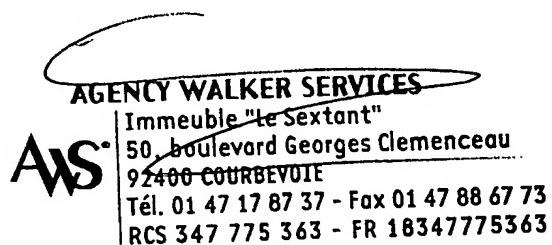
## DECLARATION

I, G. CONNELLY of A.W.S

do hereby declare that I am conversant with the English and French languages and am a competent translator thereof.

I declare further that the following is a true and accurate translation into English of the French Patent Application N° 03 50207 filed on JUNE 06, 2003.

Signed this



FRENCH REPUBLIC

**INPI**

Institut National de  
la Propriété Industrielle<sup>1</sup>

**P A T E N T**

**CERTIFICATE OF UTILITY**

**OFFICIAL COPY**

The Director General of the *Institut National de la Propriété Industrielle*<sup>1</sup> certifies that the document appended hereto is a certified true copy of an industrial property application filed with this office.

Issued in Paris, on: 11th February 2009

Signed: Martine PLANCHE  
Head of Patent Division

On behalf of the Director General of the INPI

1st filing

1/2

**INPI**

26 bis, Rue de Saint Petersbourg  
 75800 Paris Cedex 08, France  
 Phone +33 (0)1 53 04 53 04 - Fax +33 (0)1 42 94 86 54

**PATENT****CERTIFICATE OF UTILITY**

Code of Intellectual Property Rights - Book VI

**REQUEST FOR GRANT**

DATE OF SUBMISSION OF DOCUMENTS: NATIONAL REGISTRATION NUMBER: DEPARTMENT WHERE FILED: FILING DATE:	Jean LEHU BREVATOME 3, Rue du Docteur Lancereaux 75008 PARIS France
Your references for this file: B 14268.3 JL DD 2449	
<b>1 TYPE OF APPLICATION</b> Patent application	
<b>2 TITLE OF THE INVENTION</b> METHOD FOR PRODUCTION OF A VERY THIN LAYER WITH THINNING BY MEANS OF INDUCED SELF-SUPPORT	
<b>3 STATEMENT OF PRIORITY OR REQUEST TO BENEFIT FROM FILING DATE OF A PRIOR FRENCH APPLICATION</b>	Country or organization      Date      No.
<b>4 APPLICANT</b>  Name Street Post code and town/city Country Nationality Legal form	COMMISSARIAT A L' ENERGIE ATOMIQUE 31-33, Rue de la Fédération 75752 PARIS 15ème France France EPCSTI (French Scientific, Technical and Industrial Public Establishment)
<b>5A AGENT</b>	
Name First name Capacity Firm or company Street Post code and town/city Telephone n° Fax n° Email address	LEHU Jean Special list: 422-5 S/002, General power: 7068 BREVATOME 3, Rue du Docteur Lancereaux 75008 PARIS, FRANCE +33 (0)1 53 83 94 00 +33 (0)1 45 63 83 33 brevets.patents@brevalex.com
<b>6 APPENDED DOCUMENTS AND FILES</b>	Electronic file      Pages      Details
Text of the patent	textebrevet.pdf      18      D 14, R 3, AB 1
Drawings	dessins.pdf      3      3 pages, 13 figures
General power	

1st filing

2/2

<b>7 METHOD OF PAYMENT</b>				
Method of payment	Withdrawal from current account			
Client account number	024			
<b>8 SEARCH REPORT</b>				
Drawn up immediately				
<b>9 APPENDED FEES</b>				
	Currency	Rate	Quantity	Amount due
062 Filing	EURO	00.00	1.00	0.00
063 Search report (RR)	EURO	320.00	1.00	320.00
Total due	EURO			320.00

Law No. 78-17 January 6 1978 on computerized data, files and personal rights applies to the answers given in this form. It guarantees the right of access and correction of information held by the INPI office about the applicant.

Signed by

Signature: FR, Brevatome, J. Lehu

Issuer of certificate: DE, D-Trust GmbH, D-Trust for EPO 2.0

Function

Authorised agent (Agent 1)

Received on the 11/06/2003

**INPI** Patent Department  
26 bis, Rue de Saint Petersbourg  
75800 Paris Cedex 08, France  
Phone +33 (0)1 53 04 53 04  
Fax +33 (0)1 42 94 86 54

**PATENT** Cerfa N° 12235\*03

**CERTIFICATE OF UTILITY**

Code of Intellectual Property Rights - Book VI

**DESIGNATION OF THE INVENTOR(S)**

Page N° 1 / 1 INV

(To be provided in the case where the applicants and the inventors are not the same persons)

This form must be filled in legibly in black ink  
DB 113 @ W / 270601

Your references for this file: (optional)		B14268.3 jl
NATIONAL REGISTRATION N°		03.50207 of the 06.06.2003 electronic filing
<b>TITLE OF THE INVENTION (maximum 200 characters or spaces)</b> METHOD FOR PRODUCTION OF A VERY THIN LAYER WITH THINNING BY MEANS OF INDUCED SELF-SUPPORT		
<b>APPLICANT(S):</b> CEA (French Atomic Energy Commission) 31-33, Rue de la Fédération 75752 Paris 15ème, France		
<b>DESIGNATED AS INVENTOR(S):</b>		
1. Name		MORICEAU
First names		Hubert
Address	Street	26, Rue du Fournet
	Post code and town	38120 SAINT EGREVE
Employer company (optional)		
2. Name		LAGAHE
First names		Chrystelle
Address	Street	Route de la Cascade
	Post code and town	38134 SAINT JOSEPH DE RIVIERE
Employer company (optional)		
3. Name		BATAILLOU
First names		Benoit
Address	Street	12, Rue des Bains
	Post code and town	38000 GRENOBLE
Employer company (optional)		
If there are more than three inventors, use several forms. Indicate in the top right corner the page N° followed by the number of pages		
<b>DATE AND SIGNATURE(S) OF THE APPLICANT(S) OR AGENT(S)</b>		
(Name and position of signatory)		
Paris, 11 <sup>th</sup> June 2003		
J. LEHU		

French Law No. 78-17 January 6 1978 on computerized data, files and personal rights applies to the answers given in this form. It guarantees the right of access and correction of information held by the INPI office about the applicant.

**1st Filing****FRENCH REPUBLIC****INPI****PATENT  
CERTIFICATE OF UTILITY****Electronic receipt of filing**

It is hereby certified that a patent application (or certificate of utility) has been received via the INPI's secure electronic filing system. After receipt, a registration number and a receipt date are automatically assigned.

**Patent application: X  
CU application:**

<b>DATE RECEIVED</b> <b>TYPE OF FILING</b>	6 June 2003 INPI (Paris) - Electronic filing
<b>NATIONAL REGISTRATION N°</b> <b>ASSIGNED BY THE INPI</b>	0350207 On-line filing: X Filed on CD support:
<b>Your references for this file</b>	B 14268.3 JL DD 2449

**APPLICANT**

Name or company name Number of applicant(s) Country	CEA (French Atomic Energy Commission) 1 FR
---	--

**TITLE OF THE INVENTION**

METHOD FOR PRODUCTION OF A VERY THIN LAYER WITH THINNING BY MEANS OF INDUCED SELF-SUPPORT

**DOCUMENTS SUBMITTED**

package-data.xml Design.PDF FR-office-specific-info.xml dessins.pdf	Requetefr.PDF ValidLog.PDF application-body.xml indication-bio-deposit.xml	fee-sheet.xml textebrevet.pdf request.xml
--	---	---

**FILED BY**

Filed by: Date and time of electronic reception: Official filing trace	J. Lehu 6 June 2003 14.22.31 E2:55:84:E4:42:A1:E2:F4:E8:11:F8:D7:9E:3F:C9:D3:29:19:D7:B4
--	--

/INPI, filing section/

INPI

Head Office 26 bis, Rue de Saint-Petersbourg 75800 Paris Cedex 08, France - Telephone: +33 (0)1 53 04 53 04 - Fax: +33 (0)1 42 93 59 30  
French national public institution created by French Law n° 51-444 of the 19 April 1951

METHOD FOR PRODUCTION OF A VERY THIN LAYER WITH  
THINNING BY MEANS OF INDUCED SELF-SUPPORT

DESCRIPTION

5 TECHNICAL FIELD

This invention relates to a method for obtaining a thin layer on a substrate, particularly for obtaining a very thin layer, typically less than 0.1 µm.

10 It is particularly applicable to the production of an SOI type structure.

STATE OF PRIOR ART

Document FR-A-2 681 472 (corresponding to American patent No. 5 374 564) discloses a method for 15 obtaining a thin silicon layer on a support to provide an SOI type substrate. The method includes a first step consisting in implanting a silicon substrate or an initial substrate by ions, for example hydrogen ions, to obtain a weakened zone delimiting a thin layer of 20 silicon in relation to the substrate implantation face. During a second step, a stiffener or final substrate is bonded on the implanted face of the initial substrate. The third step consists in separating the resulting stacked structure at the weakened zone. Separation 25 produces a thin silicon layer transferred on a support, the remainder of the initial substrate being reusable. This method is known particularly under the name Smart Cut®.

30 This method is used to produce a stacked structure by bonding, for example by molecular bonding,

supporting a thin monocrystalline or polycrystalline layer. It gives very good results to obtain transfers of thin layers, with thicknesses as little as 0.1 µm. However, problems can arise when trying to obtain very 5 thin layers (of thickness typically less than 0.1 µm) due to the appearance of defects, for example blisters, starting from the bonding interface.

One solution for obtaining very thin layers is to firstly obtain a thicker thin layer and then to 10 remove the surplus material until the required thickness is obtained. However, excessive removal using conventional techniques (chemical mechanical polishing CMP, heat treatment, chemical etching, ion etching, etc.), reduces the uniformity of the thickness of the 15 thin layer. The greater the thickness to be removed, the more this degradation is marked. Therefore quality, measured in terms of uniformity of the thickness of the transferred layer, is degraded compared with what can be obtained using the Smart Cut® method.

Another problem occurs when the materials 20 from which the layers to be thinned are made have properties that make CMP thinning difficult. This is the case for example for excessively hard materials such as sapphire, SiC, diamond. This is also the case 25 for structures in which the bonding used for stacking makes it impossible to use such techniques. For example, CMP and wet chemical etchings are unusable when the bonding energy is too low.

The pure exfoliation method, for example 30 generated by implantation and by heat treatment at high temperature and without stiffener (approach described

in American patent No. 6 103 599) can leave a roughness that is too great to be recoverable by CMP, hydrogen annealing or any other known surface treatment. Thus, the burst blisters phenomenon (exfoliation) can leave 5 morphologies that are very difficult to remove on the surface. These burst blisters can be compared with sequences of steps at low frequencies (typical widths of around a few tens of  $\mu\text{m}$ ).

#### **DESCRIPTION OF THE INVENTION**

10 It is proposed to overcome this problem by using a method in which a relatively thick layer of material to be transferred is transferred onto the required support, and it is then thinned by implantation and assisted fracture due to the presence 15 of an additional layer fixed to this thick layer. The result is a very thin good quality layer on said support.

Therefore, the purpose of the invention is a method for obtaining a thin layer made of a first 20 material on a substrate made of a second material called the final substrate, including the following steps:

- bonding a thick layer of first material on the final substrate at an interface,
- 25 - implanting gaseous species in the thick layer of first material to create a weakened zone delimiting said thin layer between the interface and the weakened zone,
- depositing a layer of a third material 30 called the self-supporting layer on the thick layer of first material,

- fracturing within the structure composed of the final substrate, the thick layer of first material and the layer of third material, at the weakened zone to provide the substrate supporting said  
5 thin layer.

The result is a layer that is very thin in comparison with the orders of magnitudes of layers conventionally transferred using the Smart Cut® method, without a problem of bubbles at the interface and with  
10 good thickness uniformity.

Gaseous species may be implanted in the thick layer of first material by one or several implantations of identical or different gaseous species chosen from among species for example such as hydrogen  
15 or helium.

The thick layer of first material may be composed of one or several materials. It may be a layer delimited in an initial substrate during a gaseous species implantation step in order to create a weakened  
20 zone in the initial substrate, a fracture step between the thick layer of first material and the remainder of the initial substrate being made after the step to bond the thick layer of first material on the final substrate.

25 The implantation of gaseous species in the initial substrate may be an implantation of hydrogen ions.

According to a first embodiment, the step to implant gaseous species in the thick layer of first  
30 material is carried out after the fracture between the

thick layer of first material and the remainder of the initial substrate.

According to a second embodiment, the step to implant gaseous species in the thick layer of first material is carried out before the step to bond the thick layer of first material onto the final substrate. In general, the implantations are carried out such that the first fracture (in the initial substrate) does not hinder the second fracture (within the thick layer). For example, if the fracture steps are carried out by heat treatment, the steps to implant gaseous species are carried out under conditions such that the fracture between the thick layer of first material and the remainder of the initial substrate is obtained at a temperature less than the fracture temperature of said structure.

Advantageously, the self-supporting layer is fixed on the thick layer of first material by deposition of said third material on the thick layer of first material.

The thick layer of first material is fixed on the final substrate by bonding by molecular adhesion.

#### **BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS**

The invention will be better understood and other advantages and features will become clear after reading the following description given as a non-limitative example accompanied by the attached drawings among which:

- Figures 1A to 1F are cross-sectional views illustrating a first embodiment of the method according to the invention,

5 - Figures 2A to 2F are cross-sectional views illustrating a second embodiment of the method according to the invention,

- Figure 3 is an explanatory diagram.

#### **DETAILED DESCRIPTION OF SPECIFIC EMBODIMENTS**

Figures 1A to 1F illustrate a first 10 embodiment of the method according to the invention to obtain a thin layer of silicon on a support. Obviously, the described technique may be applied to materials other than silicon for example such as SiC, germanium, III-V and IV-IV materials, nitrides (such as GaN) or 15 other crystalline materials, these materials being used alone or in combination.

Figure 1A shows an initial substrate made of silicon 10 comprising an oxide layer 19 on the surface, typically about 0.05 µm thick, in which one of 20 the main faces, the oxidised face 11, is subjected to uniform ion bombardment in order to create a weakened zone 12 at a determined distance from the face 11. The implantation is carried out using accelerated high energy hydrogen ions (for example 210 keV) so as to 25 create the weakened zone 12 fairly deep compared to the bombarded face 11. Thus, a layer 13 with a thickness of about 1.9 µm is delimited between the face 11 and the weakened zone 12, the remainder of the initial substrate bearing the reference 14. The layer 13 may be 30 called the thick layer. The dose of implanted ions is chosen according to the Smart Cut® method to

subsequently obtain a fracture at the weakened zone, for example by heat treatment. The heat treatment may be assisted or replaced by a mechanical treatment. For reasons of simplification, the general term heat  
5 treatment will be used in the remainder of this description.

Figure 1B shows fixation of the face 11 of the initial substrate 10 on a face 21 of the final substrate 20. For example, fixation is obtained by  
10 bonding by molecular adhesion.

The structure obtained is then subjected to heat treatment at a temperature of about 480°C. This heat treatment causes a fracture of the structure at the weakened zone. After removal of the remainder 14 of  
15 the initial substrate, the result is the stacked structure shown in Figure 1C including the final substrate 20 to which the 1.9 µm thick layer 13 is bonded. The thick layer 13 has a free face 15.

The structure may also be subjected to a  
20 heat treatment to reinforce its bonding interface. For example, such a heat treatment will be carried out at about 1100°C for about 2 hours.

A surface treatment may be applied to the face 15 (by CMP, hydrogen annealing, etc.) in order to  
25 eliminate any roughness it may have. For example, if CMP is used to reduce the thickness by around 50 nm, a good uniformity in the thickness of the thick layer can be maintained.

One alternative could consist of depositing  
30 or thermally generating a thin layer of oxide, for example around 0.2 µm thick.

A second ion implantation is then carried out, for example by hydrogen ions. This is shown in Figure 1D. For example, the implantation energy used may be 185 keV and the ion dose is chosen to 5 subsequently obtain a fracture at the weakened zone 16 thus obtained, for example by heat treatment. The weakened zone 16 is at a depth of about 1.5 µm from the face 15. It separates the thick layer 13 into two sub-layers 17 and 18, the sub-layer 17 forming the required 10 thin layer.

The next step is to deposit a layer 1 called the self-supporting layer on the face 15, as shown in Figure 1E. It may be a layer of silicon oxide, 4 µm thick, deposited by PECVD.

15 If a thin layer of oxide was deposited or generated before the second implantation, this layer will be completed here.

A heat treatment can then be applied to obtain the fracture, for example an isothermal 20 annealing at 600°C. This is shown in Figure 1F. The structure is separated into a first part composed of a self-supported dual layer, comprising the self-supporting layer 1 and the sub-layer 18, and a second part composed of the final substrate 20 to which the 25 thin layer 17 is bonded through the oxide layer 19. The dual layer could be reusable.

The final substrate 20 and the thin layer 17 can then be subjected to a cleaning step, conventional steps to thin and stabilise the thin 30 layer, illustrated for example in document FR-A-2 777 115, in the current optimum order and

combination. The thin silicon layer may then be approximately 100 nm thick.

The final substrate used may have various natures. It may be made of a semi-conducting material 5 or an insulating material, or it may be composed of a stack (for example a silicon substrate covered by a layer of silicon oxide).

Figures 2A to 2F illustrate a second embodiment of the method according to the invention to 10 obtain a thin silicon layer on a support.

Figure 2A shows an initial silicon substrate 30 for which one of the main faces, face 31, is subjected to uniform ion bombardment in order to create a weakened zone 32 at a determined distance from 15 the face 31. This face could also be provided with an oxide layer, for example a few nanometers thick. As for the first embodiment of the invention, the implantation may be carried out by hydrogen ions with an energy of 210 keV. The implantation delimits a thick layer 33, 20 with a thickness close to 1.9 µm, between the face 31 and the weakened zone 32. The remainder of the initial substrate bears the reference 34.

The next step shown in Figure 2B consists in carrying out a second ion implantation through the 25 face 31. This second implantation is not as deep as the first and the dose is lower. The implantation energy may be around 50 keV. It is used to create a weakened zone 36 inside the thick layer 33. The weakened zone 36 delimits a thin layer 37 from the face 31. The 30 remainder of the thick layer 33, or sub-layer, bears the reference 38.

Figure 2C shows fixation of the face 31 of the initial substrate 30 onto a face 41 of the final substrate 40 comprising an oxide layer 42 on the surface, typically 0.05 µm thick. Fixation may be  
5 obtained by molecular adhesion.

The structure obtained may then be heat treated at a relatively low temperature, for example 430°C, to obtain a fracture at the first weakened zone, in other words zone 32. The implantation conditions of  
10 the two weakened zones were selected so as not to generate a fracture, or even exfoliation, in the second weakened zone. The advantage of having carried out the second implantation before the thick layer is transferred is that, as a result, this second  
15 implantation is not as deep and is carried out through a normally good quality surface (better than the quality of a face obtained by fracture). Therefore, the result is a thinner weakened zone, and therefore with a lower roughness after final fracture. The structure  
20 obtained is shown in Figure 2D.

At this stage of the method, the surface treatment step may be eliminated since the self-supporting layer can be deposited directly. However, a minimum surface treatment may be carried out to  
25 eliminate all or part of the roughness. It may be carried out by CMP, or annealing for example under hydrogen or any other compatible atmosphere known to those skilled in the art, wet chemical etching or ion etching. The surface treatment enables removal of a few  
30 nm to a few tens of nm, thus maintaining good uniformity of thickness. For a self-supporting layer

made of  $\text{SiO}_2$ , this minimum surface treatment enables an only slightly rough buried Si-  $\text{SiO}_2$  interface.

The next step is to make a deposit of a layer 2 called the self-supporting layer on the thick 5 layer 33, as shown in Figure 2E. As mentioned above, it may be a 4  $\mu\text{m}$  thick silicon oxide layer deposited by PECVD.

A heat treatment can then be carried out, for example isothermal annealing at 600°C, to obtain 10 the fracture as shown in Figure 2F. The structure is separated into a first part composed of a self-supported dual layer comprising the self-supporting layer 2 and the sub-layer 38, and a second part comprising the final substrate 40 to which the thin 15 layer 37 is bonded by means of the oxide layer 42. The dual layer could be reusable.

As described above, cleaning and finishing steps may be performed on the resulting stacked structure.

20 These two embodiments suggest that some steps may be combined and/or inverted. For example, all or part of the self-supporting layer can be deposited and the second implantation can be carried out after this deposit. In this case, the implantation energy is 25 corrected to take account of it.

The self-supported layer may be a silicon oxide or it may be made of other materials, for example such as  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{SiO}_x$ ,  $\text{Si}_x\text{N}_y$ ,  $\text{Si}_x\text{N}_y\text{O}_z$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiC}$ , sapphire, diamond, etc.

30 The thickness of the self-supported layer may be selected by experiment. In the case of a self-

supported  $\text{SiO}_2$  layer deposited on a thick silicon layer, the following experiment was performed to evaluate the effect of the deposited oxide thickness on the annealing temperature, thickness necessary to obtain the fracture of the self-supported silicon layer. The implantation conditions were implantation energy 76 keV, implantation dose  $6 \times 10^{16} \text{ H}^+$  ions/cm<sup>2</sup> through a 400 nm thick  $\text{SiO}_2$  protective film.

Figure 3 is a diagram in which the ordinate represents the thickness  $e$  of the  $\text{SiO}_2$  deposit and the abscissa represents the annealing temperature  $T$ . The curve shown in this diagram delimits the area in which the self-supported silicon layer is transferred (the area located above the curve) from the area in which a "blister" occurs on the silicon layer (the area located below the curve).

This diagram shows that the temperature of separation (or fracture) with transfer of a self-supported dual layer does depend on the deposited oxide thickness. The temperature is higher if the oxide is thinner. Consequently, the thickness of the fractured silicon layer needs to be added to this oxide thickness. Therefore, in particular it is possible to deduce the minimum thickness of oxide layer necessary for the fracture to be induced at a certain temperature. Therefore, it can be seen that the "threshold" fracture thickness at 600°C is exceeded for 4  $\mu\text{m}$  of deposited oxide.

Therefore, it is possible to control the thinning procedure by controlling the thickness of the deposited self-supporting layer, thus preventing

"blistering" and exfoliation phenomena that would occur if the deposited layer is thinner than the "threshold" thickness.

**CLAIMS**

1. Method for obtaining a thin layer made of a first material (17, 37) on a substrate made of a second material called the final substrate (20, 40),  
5 including the following steps:

- bonding a thick layer of first material (13, 33) on the final substrate (20, 40) at an interface,

10 - implanting gaseous species in the thick layer of first material (13, 33) to create a weakened zone (16, 36) delimiting said thin layer (17, 37) between the interface and the weakened zone,

15 - depositing a layer of a third material called the self-supporting layer (1, 2) on the thick layer of first material (13, 33),

20 - fracturing within the structure composed of the final substrate (20, 40), the thick layer of first material (13, 33) and the layer of third material (1, 2), at the weakened zone (16, 36) to provide the substrate supporting said thin layer.

2. Method according to claim 1, characterised in that the gaseous species are implanted in the thick layer of first material (13, 33) by one or  
25 several implantations of identical or different gaseous species.

3. Method according to claim 2, characterised in that said gaseous species are chosen  
30 from among hydrogen and helium.

4. Method according to claim 1,  
characterised in that the thick layer of first material  
(13, 33) is a layer delimited in an initial substrate  
(10, 30) during a gaseous species implantation step to  
5 create a weakened zone (12, 32) in the initial  
substrate, a fracture step between the thick layer of  
first material (13, 33) and the remainder (14, 34) of  
the initial substrate being carried out after the step  
of bonding the thick layer of first material (13, 33)  
10 onto the final substrate (20, 40).

5. Method according to claim 4,  
characterised in that the implantation of gaseous  
species in the initial substrate is an implantation of  
15 hydrogen ions.

6. Method according to claim 4,  
characterised in that the step to implant gaseous  
species in the thick layer of first material (13) is  
20 carried out after the fracture between the thick layer  
of first material and the remainder (14) of the initial  
substrate.

7. Method according to claim 4,  
25 characterised in that the step to implant gaseous  
species in the thick layer of first material (33) is  
carried out before the step to bond the thick layer of  
first material on the final substrate (40).

30 8. Method according to claim 7,  
characterised in that the fracture steps are carried

out by a heat treatment, the steps to implant gaseous species are carried out under conditions such that the fracture between the thick layer of first material (33) and the remainder (34) of the initial substrate (30) is 5 obtained at a temperature less than the fracture temperature of said structure.

9. Method according to any one of claims 1 to 7, characterised in that the thick layer of first 10 material (13, 33) is bonded on the final substrate (20, 40) by bonding by molecular adhesion.